

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/053039

International filing date: 22 November 2004 (22.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: EP  
Number: 03027392.4  
Filing date: 27 November 2003 (27.11.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 25 January 2005 (25.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

EP04/53039

**Europäisches  
Patentamt****European  
Patent Office****Office européen  
des brevets****Bescheinigung****Certificate****Attestation**

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

**Patentanmeldung Nr.    Patent application No.    Demande de brevet n°**

03027392.4

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**





Anmeldung Nr:

Application no.: 03027392.4

Demande no:

Anmeldetag:

Date of filing: 27.11.03

Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München  
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:

(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.

If no title is shown please refer to the description.

Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des  
Betriebs einer Kraftwerksanlage

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

F02C/

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI



27. Nov. 2003

## Beschreibung

Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftwerksanlage

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftwerksanlage, insbesondere das Erkennen von Änderungen der Erdgaseigenschaften anhand betrieblicher Messgrößen bei einer Gasturbinenanlage.

### Problematik:

Moderne Hochtemperaturgasturbinen, die mit Erdgas betrieben werden, sind in der Regel auf eine bestimmte Brennstoffzusammensetzung abgestimmt. Kenngrößen wie die Wobbezahl oder Heizwert und Normdichte müssen innerhalb eines spezifizierten Bereichs liegen, um den sicheren Betrieb der Gasturbine zu gewährleisten. Die Infrastruktur der Gasversorgung ist jedoch häufig so angelegt, dass sich die Gaszusammensetzung spontan (innerhalb weniger Minuten oder sogar im Sekundenbereich) deutlich ändern kann, so dass die spezifizierten Grenzen überschritten werden. Würde man die relevanten Gasparameter zeitnah erfassen können, so könnten entsprechende Gegenmaßnahmen ergriffen werden, z.B. Nachregeln der Pilotgasmenge o. ä..

Im Folgenden wird ein Verfahren aufgezeigt, wie man anhand von betrieblichen Messgrößen, die zum normalen Messumfang jeder Gasturbine gehören, Änderungen in der Gaszusammensetzung erkennen kann.

### Grundgedanke des Lösungsvorschlages:

Der Gasturbinenwirkungsgrad ist nahezu unabhängig von Änderungen der Gaszusammensetzung. Die Größen, die zur Berechnung des Wirkungsgrades notwendig sind, werden alle betrieblich erfasst bis auf die Gaseigenschaften (Heizwert, Normdichte). Man kann nun den Wirkungsgrad kontinuierlich aus den betrieblichen Messwerten bilden, wobei für den Heizwert und die Normdichte zeitlich konstante Vorgabewerte eingesetzt werden müssen. Ändert sich der errechnete Wirkungsgrad nun mit der Zeit, so müssen sich die Gaseigenschaften (Heizwert, Normdichte) geändert haben, und man kann angeben, wie groß deren Änderung ist.

Grundlegende Beziehungen:

$$\eta = \frac{P}{\dot{m} \cdot Hu_m} \quad Hu_v = \rho_N \cdot Hu_m \quad \dot{m} = \rho \cdot \dot{V} \quad \rho = \rho_N \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T} \frac{z_N}{z} \quad (1) - (4)$$

$\eta$  Wirkungsgrad der Gasturbine

$P$  Leistung

$Hu$  (unterer) Heizwert des Brennstoffs

Index V: bezogen auf Normvolumen

Index m: bezogen auf Masse

$\dot{m}$  Brennstoffmassenstrom

$\dot{V}$  Brennstoffvolumenstrom

$\rho$  Dichte des Brennstoffs

$p$  Druck des Brennstoffs.

$T$  Temperatur des Brennstoffs

$z$  Realgasfaktor des Brennstoffs

Index N: Normzustand

Der Wirkungsgrad der Gasturbine ist von verschiedenen, leicht messbaren Größen abhängig (im wesentlichen von der Leistung und der Umgebungstemperatur), wobei der funktionale Zusammenhang bekannt ist. Er ist insbesondere nahezu unabhängig von den Brennstoffeigenschaften.

Mit Einführung eines Bezugszustandes "0"

$$\eta_0 = \frac{P_0}{\dot{m}_0 \cdot Hu_{m,0}} \quad (5)$$

ergibt sich:

$$\frac{\dot{m}}{\dot{m}_0 \cdot Hu_{m,0}} = \frac{P}{P_0} \frac{0}{\eta} \quad (6)$$

Es gibt verschiedene Prinzipien, nach denen der Brennstoffmassenstrom gemessen werden kann:



- 1) Corioliszähler: Direkte Erfassung des Massenstroms
- 2) Turbinradzähler, Wirbelzähler: Erfassung von Betriebsvolumenstrom, Druck und Temperatur

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho = \dot{V} \cdot \rho_N \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T} \quad (7)$$

Hierbei wurde der Einfluss des Realgasfaktors vernachlässigt ( $z_N/z = 1$ ).

- 3) Blende: Messung von Differenzdruck, Druck und Temperatur

$$\dot{m} = K \cdot \sqrt{\Delta p} \cdot \rho = K \cdot \sqrt{\Delta p} \cdot \rho_N \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T} \quad (8)$$

Hierbei wurde wiederum der Einfluss des Realgasfaktors vernachlässigt ( $z_N/z = 1$ ).

Damit ergeben sich nach Gl. (6) folgende Möglichkeiten, Änderungen der Gaseigenschaften zu ermitteln (auf der rechten Seite stehen jeweils die zu messenden Größen und die (bekannte) Funktion  $\eta/\eta_0$ , auf der linken Seite die daraus ableitbare Gaseigenschaft):

- 1) Corioliszähler: Änderung des massebezogenen Heizwertes:

$$\frac{Hu_m}{Hu_{m,0}} = \frac{P}{P_0} \frac{\eta_0}{\eta} \frac{\dot{m}_0}{\dot{m}} \quad (9)$$

- 2) Turbinradzähler, Wirbelzähler: Änderung des volumenbezogenen Heizwertes:

$$\frac{v}{Hu_{v,0}} = \frac{P_0}{P} \frac{\eta_0}{\eta} \frac{\dot{V}_0}{\dot{V}} \frac{p_N}{p} \frac{T}{T_N} \quad (10)$$

3) Blende: Änderung des Wobbeindex:

$$\sqrt{\frac{p_{N,0}}{p_N} \frac{Hu_V}{Hu_{V,0}}} = \frac{P}{P_0} \frac{1}{\eta} \sqrt{\frac{p_0}{\Delta p} \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T}} \quad (11)$$

Der Bezugszustand "0" ist ein Referenzzustand, der zu einem beliebigen Zeitpunkt aufgenommen wurde, und für den verlässliche Gasdaten für Heizwert bzw. Normdichte bekannt sein müssen. Es könnte aber auch eine Art gleitender Mittelwert der letzten 2 Stunden ö. ä. sein (stationärer Betriebszustand vorausgesetzt), bei dem die Gasdaten z.B. anhand von Werten aus einem Online-Gaschromatographen aktualisiert werden.

Die in o. a. Gleichungen auftretenden betrieblichen Messgrößen sind naturgemäß Schwankungen unterworfen. Es müssen geeignete Dämpfungs- bzw. Filterfunktionen vorgesehen werden.

Die betrieblichen Messgrößen werden in der Regel mit Zykluszeiten von 1 s oder noch kürzer erfasst, so dass man mit dieser Methode Gasschwankungen praktisch in Echtzeit detektieren kann.

Erste Untersuchungen haben ergeben, dass schon Heizwert- bzw. Dichteänderungen von 1% deutlich erkannt werden können. Die beiliegenden Diagramme zeigen Ergebnisse von Messungen mit einem Turbinenradzähler (Messzyklus 5 s). Die Kennzahl (grüne Kurve) entspricht dem Kehrwert der rechten Seite von Gl.

(10). Es wurden Proben gezogen während des Versuchs und bei der Ruhrgas AG analysiert. Die roten Punkte (Kehrwert der linken Seite von Gl. (10)) stellen das Analyseergebnis dar. Die Referenzwerte (Index 0) sind die Mittelwerte über den jeweiligen Versuchszeitraum. Die Analyseergebnisse bestätigen

200317879

den Trend des Kennzahlverlaufs. Die Größenordnung der Heizwertänderung wird auf wenige Promille genau erkannt.

27. Nov. 2003

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftwerksanlage, dadurch gekennzeichnet, dass anhand von aktuellen Betriebsparametern der Kraftwerksanlage ein Wirkungsgrad für die Kraftwerksanlage ermittelt wird und aufgrund einer zeitlichen Veränderung des derart ermittelten Wirkungsgrads auf eine Änderung der Brennstoffeigenschaften geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Änderung der Brennstoffeigenschaften mittels mathematischer Methoden quantifiziert wird.



27. Nov. 2003

Zusammenfassung

Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftwerksanlage

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftwerksanlage wird anhand von aktuellen Betriebsparametern der Kraftwerksanlage ein Wirkungsgrad für die Kraftwerksanlage ermittelt und aufgrund einer zeitlichen Veränderung des derart ermittelten Wirkungsgrads auf eine Änderung der Brennstoffeigenschaften geschlossen.



200317879

LaCasella V94.3A(2), GT3 800464, Test 18, 2002-12-17, 100 % Load,





200317879

Dimensionless fuel flow number vs. Time

LaCasella V94.3A(2), GT3 800464, Test 61, 2003-02-25 17:45-18:30, 100 % Load, °C OTC=565°C

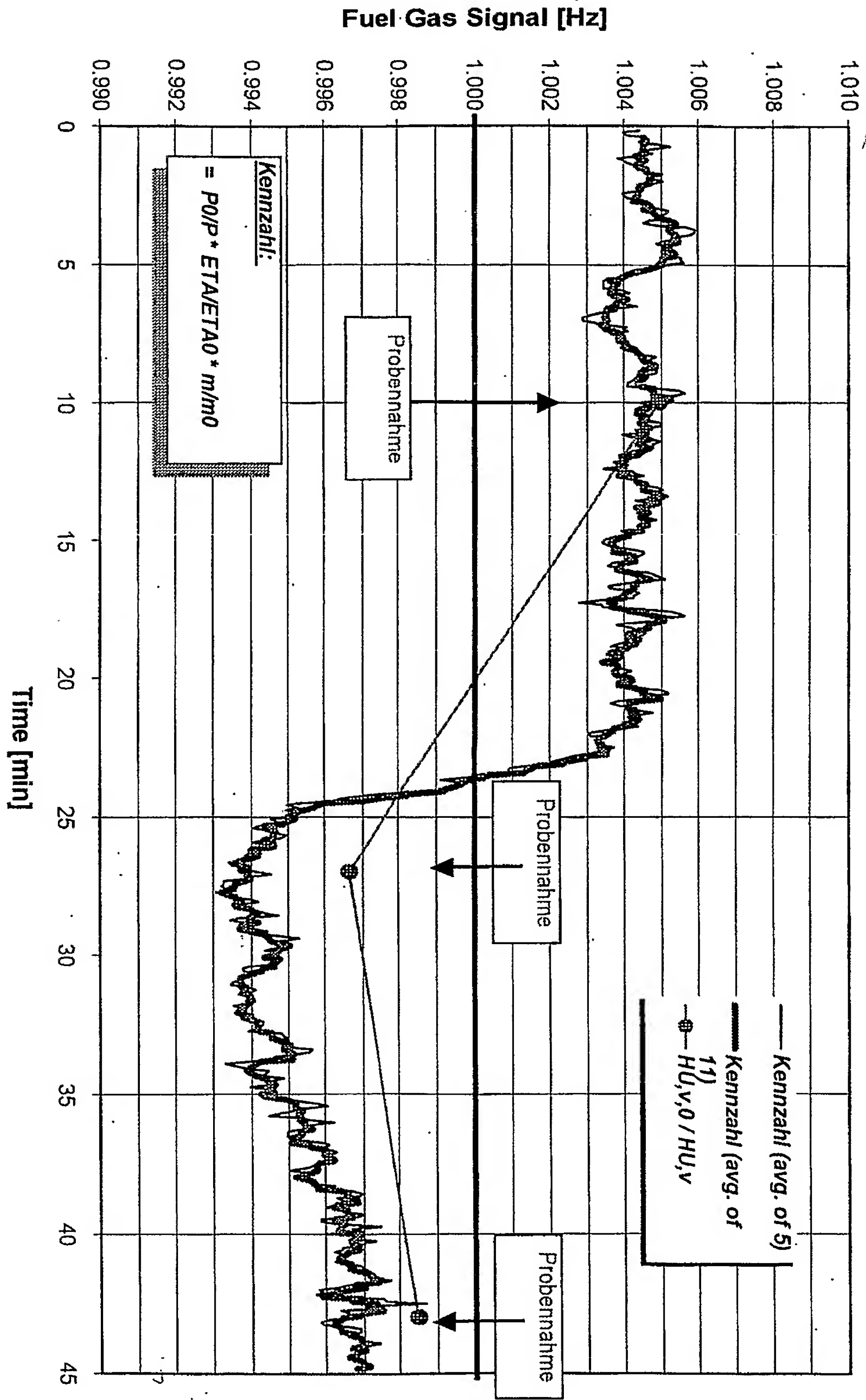


Fig 2